

AN: PAT 2002-291979

TI: Process for determining the state of a nitrogen oxide storage catalyst of an I.C. engine comprises integrating both determined values for the nitrogen oxide crude stream

PN: WO200214658-A1

PD: 21.02.2002

AB: NOVELTY - Process for determining the state of a nitrogen oxide storage catalyst (12') of an I.C. engine comprises integrating both determined values (msnovk, msnonk) for the NOx crude stream before the catalyst and the NOx stream behind the catalyst over a predetermined time period; and determining the state of the NOx storage catalyst from the integrated values.

DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for: (1) a control element, especially a read-only memory, random access memory or flash memory for a control device (15) of an I.C. engine; (2) an I.C. engine containing the storage catalyst; and (3) the control device for the engine.; USE - Used in an I.C. engine (claimed). ADVANTAGE - Variation of the degree of action of the catalyst is reduced. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic view of the I.C. engine. nitrogen oxide storage catalyst 12' NOx sensor 14 control device 15 values for the NOx crude stream msnovk, msnonk

PA: (BOSC) BOSCH GMBH ROBERT;

IN: SCHNAIBEL E; WINKLER K;

FA: WO200214658-A1 21.02.2002; DE10039709-A1 07.03.2002;

CO: AT; BE; CH; CN; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; JP; KR; LU; MC; NL; PT; RU; SE; TR; US; WO;

DN: CN; JP; KR; RU; US;

DR: AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LU; MC; NL; PT; SE; TR;

IC: F01N-011/00;

MC: E11-Q02; E11-Q03; E31-H01; E31-H05; H06-C04; J04-C; N07-L01C1; N07-L02C;

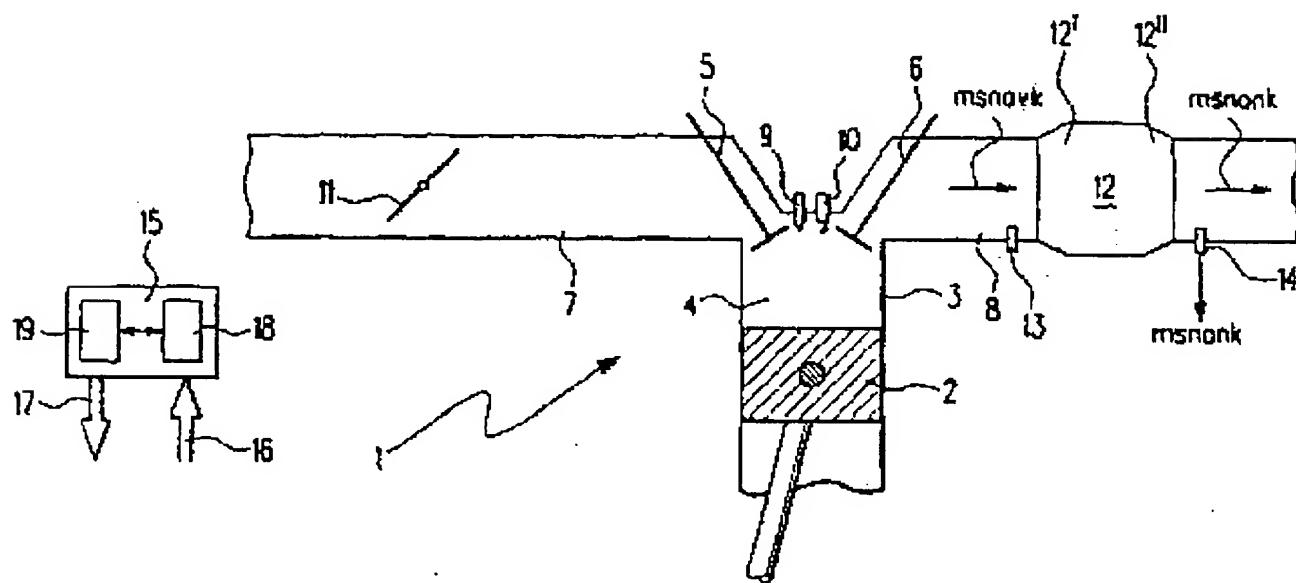
DC: E36; H06; J04; Q51;

FN: 2002291979.gif

PR: DE1039709 14.08.2000;

FP: 21.02.2002

UP: 23.05.2002





⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Offenlegungsschrift

DE 100 39 709 A 1

⑮ Int. Cl. 7:
F 01 N 11/00

DE 100 39 709 A 1

⑯ Aktenzeichen: 100 39 709.3
⑯ Anmeldetag: 14. 8. 2000
⑯ Offenlegungstag: 7. 3. 2002

⑯ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Vertreter:
Dreiss, Fuhlendorf, Steinle & Becker, 70188
Stuttgart

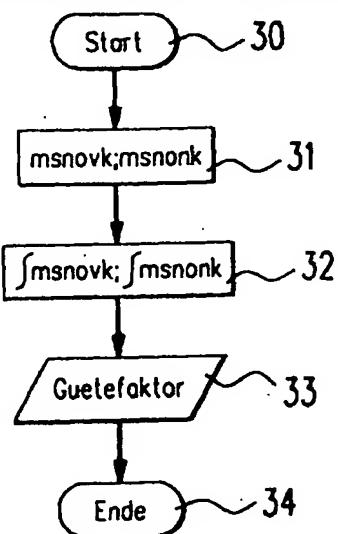
⑯ Erfinder:
Schnabel, Eberhard, 71282 Hemmingen, DE;
Winkler, Klaus, 71277 Rutesheim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren und Steuergerät zum Bestimmen des Zustands eines Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysators

⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen des Zustands eines Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysators (12') einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei während einer Einspeicherphase (E), in der von der Brennkraftmaschine ausgestoßene Stickoxide (NOx) in den NOx-Speicherkatalysator (12') eingespeichert werden, ein Stickoxid (NOx)-Rohmassenstrom (msnovk) vor dem NOx-Speicherkatalysator (12') und ein NOx-Massenstrom (msnonk) hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') ermittelt wird und der Zustand des NOx-Speicherkatalysators (12') aus den beiden ermittelten Werten (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') bestimmt wird. Um den Zustand eines NOx-Speicherkatalysators (12') zuverlässig und genau und mit einem möglichst geringen Aufwand bestimmen zu können, wird vorgeschlagen, dass die beiden ermittelten Werte (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') jeweils über eine vorgebbare Zeitdauer (t_i) auf integriert werden und der Zustand des NOx-Speicherkatalysators (12') aus den auf integrierten Werten (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') bestimmt wird.



DE 100 39 709 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

5 [0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen des Zustands eines Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysators einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs. Dabei wird während einer Einspeicherphase, in der von der Brennkraftmaschine ausgestoßene Stickoxide (NOx) in den NOx-Speicherkatalysator eingespeichert werden, ein Stickoxid (NOx)-Rohmassenstrom vor dem NOx-Speicherkatalysator ermittelt. Hinter dem NOx-Speicherkatalysator wird ebenfalls ein NOx-Massenstrom ermittelt. Der Zustand des NOx-Speicherkatalysators wird aus den beiden ermittelten Werten für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator bestimmt.

10 [0002] Die Erfindung betrifft außerdem eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs. Die Brennkraftmaschine weist ein Steuergerät und einen Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysator auf. Außerdem weist die Brennkraftmaschine erste Mittel zum Ermitteln eines Stickoxid (NOx)-Rohmassenstroms vor dem NOx-Speicherkatalysator während einer Einspeicherphase auf, in der von der Brennkraftmaschine ausgestoßene Stickoxide in den NOx-Speicherkatalysator eingespeichert werden.

15 [0003] Schließlich weist die Brennkraftmaschine zweite Mittel zum Ermitteln eines NOx-Massenstroms hinter dem NOx-Speicherkatalysator während der Einspeicherphase auf. Das Steuergerät bestimmt den Zustand des NOx-Speicherkatalysators aus den beiden ermittelten Werten für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator.

20 [0004] Die vorliegenden Erfindung betrifft des weiteren ein Steuergerät für eine solche Brennkraftmaschine. Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Steuerelement, insbesondere ein Read-Only-Memory, ein Random-Access-Memory oder ein Flash-Memory, für ein solches Steuergerät einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs. Auf dem Steuerelement ist ein Programm abgespeichert, das auf einem Rechengerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig ist.

25

Stand der Technik

30 [0005] Bei Brennkraftmaschinen, die mit einem mageren Kraftstoff-Luft-Gemisch ($\lambda > 1$) betrieben werden können, werden Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysatoren eingesetzt, um die von der Brennkraftmaschine während eines Magerbetriebs ausgestoßenen Stickoxid (NOx)-Emissionen einzuspeichern. Der NOx-Speicherkatalysator befindet sich in der sog. Einspeicherphase. Mit zunehmender Dauer der Einspeicherphase nimmt der Wirkungsgrad des NOx-Speicherkatalysators ab, was zu einem Anstieg der NOx-Emissionen hinter dem NOx-Speicherkatalysator führt. Die Ursache für die Abnahme des Wirkungsgrads liegt in der Zunahme des Stickoxid (NOx)-Füllstands des NOx-Speicherkatalysators. Der NOx-Füllstand kann überwacht und nach Überschreiten eines vorgebbaren Schwellenwertes eine Ausspeicherphase oder Regenerierphase des NOx-Speicherkatalysators eingeleitet werden. Zum Ermitteln des NOx-Füllstands des NOx-Speicherkatalysators kann ein Stickoxid (NOx)-Einspeichermodell eingesetzt werden.

35 [0006] Während der Ausspeicherphase wird dem Abgas der Brennkraftmaschine ein Reduktionsmittel hinzugegeben, das eingespeicherte Stickoxide zu Stickstoff und Sauerstoff reduziert. Als Reduktionsmittel können bspw. Kohlenwasserstoff (HC) und/oder Kohlenmonoxid (CO) verwendet werden, die durch eine fette Einstellung des Kraftstoff-Luft-Gemisches in dem Abgas (Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine) erzeugt werden können. Alternativ kann als Reduktionsmittel auch Harnstoff zu dem Abgas hinzugegeben werden. Dabei wird zur Reduktion des Stickoxids zu Sauerstoff und Stickstoff Ammoniak aus dem Harnstoff verwendet. Der Ammoniak kann per Hydrolyse aus einer Harnstofflösung gewonnen werden.

40 [0007] Gegen Ende der Ausspeicherphase ist ein Großteil des eingespeicherten Stickoxids reduziert und immer weniger des Reduktionsmittels trifft auf Stickoxid, das es zu Sauerstoff und Stickstoff reduzieren kann. In der Folge steigt gegen Ende der Ausspeicherphase der Anteil an Reduktionsmittel in dem Abgas hinter dem NOx-Speicherkatalysator an, der Anteil an Sauerstoff in dem Abgas hinter dem NOx-Speicherkatalysator nimmt ab. Durch eine Analyse des Abgases hinter dem NOx-Speicherkatalysator durch geeignete Abgassensoren kann das Ende der Ausspeicherphase dann eingeleitet werden, wenn der Großteil des Stickoxids aus dem NOx-Speicherkatalysator ausgespeichert worden ist.

45 [0008] Aufgrund von Alterung oder Vergiftung des NOx-Speicherkatalysators kann sich der Zustand des Katalysators verändern, insbesondere kann die Speicherfähigkeit des NOx-Speicherkatalysators nachlassen. Der NOx-Speicherkatalysator kann bspw. durch Schwefel im Kraftstoff vergiftet werden.

50 [0009] Aus dem Stand der Technik ist es allgemein bekannt, einen Gütefaktor eines beliebigen Systems zu berechnen, indem eine Ausgangsgröße des Systems durch eine Eingangsgröße des Systems geteilt wird. Ein solcher Gütefaktor kann theoretisch auch zum Bestimmen des Gütefaktors eines NOx-Speicherkatalysators herangezogen werden. Dazu wird der NOx-Rohmassenstrom vor und der NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator ermittelt. Durch eine Division des NOx-Massenstroms hinter dem Katalysator durch den NOx-Rohmassenstrom vor dem Katalysator kann der Gütefaktor bestimmt werden.

55 [0010] Bei einem NOx-Speicherkatalysator erlaubt ein derart berechneter Gütefaktor jedoch keine zuverlässige Aussage über den Zustand des Katalysators, da – wie bereits erwähnt – der Wirkungsgrad eines NOx-Speicherkatalysators mit zunehmender Dauer der Einspeicherphase abnimmt. Selbst in einem stabilen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine ist der bekannte Gütefaktor nicht zeitlich konstant. Wird der Gütefaktor also nach dem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zu Beginn einer Einspeicherphase (hohe Einspeicherrate) bestimmt, ergibt sich ein völlig anderer Zustand des Katalysators als wenn der Gütefaktor gegen Ende der Einspeicherphase (geringere Einspeicherrate) bestimmt wird. Zudem sind bei NOx-Speicherkatalysatoren der Beginn und das Ende der Einspeicher- und der Ausspeicherphasen zeitlich nicht genau definiert, sondern werden – wie oben beschrieben – für jede Phase anhand bestimmter Parameter erneut bestimmt. Das aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren zum Bestimmen des Zustands eines beliebigen Sy-

DE 100 39 709 A 1

stems ist deshalb zum Bestimmen des Zustands eines NOx-Speicherkatalysators nicht geeignet.

[0011] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Zustand eines NOx-Speicherkatalysators zuverlässig und genau und mit einem möglichst geringen Aufwand zu bestimmen.

[0012] Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ausgehend von dem Verfahren der eingangs genannten Art vor, dass die beiden ermittelten Werte für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator jeweils über eine vorgebbare Zeitdauer aufintegriert werden und der Zustand des NOx-Speicherkatalysators aus den aufintegrierten Werten für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator bestimmt wird.

Vorteile der Erfindung

10

[0013] Erfindungsgemäß wird also vorgeschlagen, einen Gütefaktor nicht unmittelbar aus den ermittelten Werten für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator zu ermitteln, sondern die beiden Werte zunächst über die Zeit zu integrieren. Das Integral des NOx-Rohmassenstroms über eine Zeitdauer entspricht der innerhalb dieser Zeitdauer dem NOx-Speicherkatalysator zugeführten NOx-Rohemission. Ebenso entspricht das Integral des NOx-Massenstroms über eine Zeitdauer der NOx-Emission des Katalysators innerhalb dieser Zeitdauer. Durch die Integration der Werte können die Auswirkungen von Schwankungen und Störungen, der ermittelten Werten deutlich reduziert werden. Ebenso kann durch die Integration die Variation des Wirkungsgrads des Katalysators auf den Gütefaktor reduziert werden.

[0014] Beginn und Ende der Integration liegen innerhalb der Einspeicherphase. Die vorgebbare Zeitdauer entspricht also längstens der Dauer der Einspeicherphase. Aus den integrierten Werten wird dann der Gütefaktor durch an sich bekannte beliebige mathematische Algorithmen bestimmt, die unten genauer erläutert werden. Anhand des ermittelten Gütefaktors kann bspw. eine reversible Schwefelvergiftung, eine thermische Schädigung oder ein alterungsbedingtes Nachlassen der Speicherfähigkeit des NOx-Katalysators erkannt werden. Außerdem kann der Vergiftungsgrad des Katalysators mit Schwefel ermittelt und der Schwefelgehalt in dem Steuergerät der Brennkraftmaschine korrigiert werden, um eine Schwefelregenerierung zu optimieren.

[0015] Mit dem erfundungsgemäßen Verfahren kann der Zustand eines NOx-Speicherkatalysators zuverlässig und genau bestimmt werden. Außerdem ist die Bestimmung des Zustands mit einem geringen Aufwand möglich. Die beiden Werte für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator liegen in einem Steuergerät der Brennkraftmaschine sowieso vor und müssen zur Ermittlung des Gütefaktors nur noch integriert und dann nach einem mathematischen Algorithmus entsprechend verarbeitet werden. Zudem liegt für jede Einspeicherphase ein neu berechneter Gütefaktor vor.

[0016] Der NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator kann einem beliebigen Modell, bspw. einem NOx-Einspeichermodell, entnommen werden. In einem NOx-Einspeichermodell kann aus den Betriebspunkt der Brennkraftmaschine beschreibenden Parametern (z. B. der zugeführten Kraftstoffmasse oder Luftmasse, dem Drehmoment, etc.) der NOx-Massenstrom modelliert werden. Es ist auch denkbar, dass der NOx-Massenstrom einer Kennlinie oder einem Kennfeld entnommen wird. Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird jedoch vorgeschlagen, dass der NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator mittels eines NOx-Sensors gemessen wird. Der NOx-Sensor misst die aktuelle NOx-Emission des Katalysators. Ein solcher NOx-Sensor ist in einer Vielzahl von Brennkraftmaschinen mit einem NOx-Speicherkatalysator zur Steuerung der Einspeicher- und der Regerierphase sowieso vorhanden, so dass zur Realisierung dieser Weiterbildung des erfundungsgemäßen Verfahrens keines zusätzlichen Bauteils bedarf.

[0017] Der NOx-Rohmassenstrom vor dem NOx-Speicherkatalysator kann durch einen vor dem NOx-Speicherkatalysator angeordneten NOx-Sensor gemessen werden. Gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird jedoch vorgeschlagen, dass der NOx-Rohmassenstrom vor dem NOx-Speicherkatalysator modelliert wird. Der NOx-Rohmassenstrom kann bspw. einem NOx-Einspeichermodell oder einem NOx-Rohemissionsmodell entnommen werden. In den Modellen wird aus den Betriebspunkt der Brennkraftmaschine beschreibenden Parametern (z. B. der zugeführten Kraftstoffmasse oder Luftmasse, dem Drehmoment, etc.) der NOx-Rohmassenstrom modelliert. Der modellierte NOx-Rohmassenstrom kann auch einer Kennlinie oder einem Kennfeld entnommen werden.

[0018] Vorausgesetzt Beginn und Ende der Integration liegen innerhalb der Einspeicherphase, können die ermittelten Werte über eine beliebige Zeitdauer mit beliebigem Anfangs- und Endzeitpunkt integriert werden. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird jedoch vorgeschlagen, dass die Integration der Werte zu Beginn der Einspeicherphase eingeleitet wird. Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Zeitdauer so gewählt wird, dass die Integration der Werte spätestens mit dem Ende der Einspeicherphase beendet wird. Wenn die Integration der Werte zu Beginn der Einspeicherphase eingeleitet und mit dem Ende der Einspeicherphase beendet wird, kann der Gütefaktor mit der größten Genauigkeit ermittelt werden. Die vorgegebene Zeitdauer wird also entsprechend der Dauer der Einspeicherphase gewählt.

[0019] Der Gütefaktor zum Bestimmen des Zustands des NOx-Speicherkatalysators kann nach einem beliebigen mathematischen Algorithmus, bspw. mittels Addition oder Multiplikation, aus den beiden integrierten Werten bestimmt werden. Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird jedoch vorgeschlagen, dass der Zustand des NOx-Speicherkatalysators durch eine Division der aufintegrierten Werte für den NOx-Rohmassenstrom vor und dem NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator bestimmt wird. Der Gütefaktor kann insbesondere nach einer der folgenden Gleichungen bestimmt werden:

5

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

$$\text{Gütfaktor} = \frac{\text{Int } \{ \text{NOx-Rohmassenstrom} \}}{\text{Int } \{ \text{NOx-Massenstrom} \}},$$

5

$$\text{Gütfaktor} = \frac{\text{Int } \{ \text{NOx-Massenstrom} \}}{\text{Int } \{ \text{NOx-Rohmassenstrom} \}},$$

10

$$\text{Gütfaktor} = 1 - \frac{\text{Int } \{ \text{NOx-Rohmassenstrom} \}}{\text{Int } \{ \text{NOx-Massenstrom} \}} \text{ oder}$$

15

$$\text{Gütfaktor} = 1 - \frac{\text{Int } \{ \text{NOx-Massenstrom} \}}{\text{Int } \{ \text{NOx-Rohmassenstrom} \}}.$$

20 [0020] Gemäß noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass der Zustand des NOx-Speicherkatalysators aus einer Differenz der aufintegrierten Werte für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator bestimmt wird. Der Gütfaktor kann insbesondere nach einer der folgenden Gleichungen bestimmt werden:
 Gütfaktor = $\text{Int } \{ \text{NOx-Rohmassenstrom} \} - \text{Int } \{ \text{NOx-Massenstrom} \}$ oder
 Gütfaktor = $\text{Int } \{ \text{NOx-Massenstrom} \} / \text{Int } \{ \text{NOx-Rohmassenstrom} \}$.

25 [0021] Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form eines Steuerelements, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs vorgesehen ist. Dabei ist auf dem Steuerelement ein Programm abgespeichert, das auf einem Rechengerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. In diesem Fall wird also die Erfindung durch ein auf dem Steuerelement abgespeichertes Programm realisiert, so dass dieses mit dem Programm versehene Steuerelement in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist. Als Steuerelement kann insbesondere ein elektrisches Speichermedium zur Anwendung kommen, bspw. ein Read-Only-Memory, ein Random-Access-Memory oder ein Flash-Memory.

30 [0022] Als eine weitere Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird ausgehend von der Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass das Steuergerät die beiden ermittelten Werte für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator jeweils über eine vorgebbare Zeitspanne aufintegriert und den Zustand des NOx-Speicherkatalysators aus den aufintegrierten Werten für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator bestimmt.

35 [0023] Schließlich wird zur Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung ausgehend von dem Steuergerät der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass das Steuergerät die beiden ermittelten Werte für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator jeweils über eine vorgebbare Zeitspanne aufintegriert und den Zustand des NOx-Speicherkatalysators aus den aufintegrierten Werten für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator bestimmt.

Zeichnungen

50 [0024] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung. Es zeigen:

55 [0025] Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine gemäß einer bevorzugten Ausführungsform;

[0026] Fig. 2 einen zeitlichen Verlauf der Integrale von NOx-Rohemission und NOx-Emission und einen entsprechenden zeitlichen Verlauf der Betriebsart der Brennkraftmaschine; und

60 [0027] Fig. 3 einen Signallaufplan eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer bevorzugten Ausführungsform.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

65 [0028] In Fig. 1 ist eine direkteinspritzende Brennkraftmaschine 1 eines Kraftfahrzeugs dargestellt, bei der ein Kolben 2 in einem Zylinder 3 hin- und herbewegbar ist. Der Zylinder 3 ist mit einem Brennraum 4 versehen, der u. a. durch den Kolben 2, ein Einlassventil 5 und ein Auslassventil 6 begrenzt ist. Mit dem Einlassventil 5 ist ein Ansaugrohr 7 und mit dem Auslassventil 6 ein Abgasrohr 8 gekoppelt.

[0029] Im Bereich des Einlassventils 5 und des Auslassventils 6 ragen ein Kraftstoffeinspritzventil 9 und eine Zündkerze 10 in dem Brennraum 4. Über das Einspritzventil 9 kann Kraftstoff in dem Brennraum 4 eingespritzt werden. Mit der Zündkerze 10 kann der Kraftstoff in dem Brennraum 4 entzündet werden.

[0030] In dem Ansaugrohr 7 ist eine drehbare Drosselklappe 11 untergebracht, über die dem Ansaugrohr 7 Luft zuführbar ist. Die Menge der zugeführten Luft ist abhängig von der Winkelstellung der Drosselklappe 11. In dem Abgasrohr 8 ist ein Katalysator 12 untergebracht, der die durch die Verbrennung des Kraftstoffs entstehenden Abgase reinigt. Bei dem Katalysator 12 handelt es sich um einen Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysator 12', der mit einem 3-Wege-Katalysator 12" als Sauerstoffspeicher gekoppelt ist. Alternativ kann der Katalysator 12 jedoch auch nur einen NOx-Speicherkatalysator 12' umfassen.

5

[0031] Ein Steuergerät 15 ist von Eingangssignalen 16 beaufschlagt, die mittels Sensoren gemessene Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 darstellen. Das Steuergerät 15 erzeugt Ausgangssignale 17, mit denen über Aktoren bzw. Steller das Verhalten der Brennkraftmaschine 1 beeinflusst werden kann. Unter anderem ist das Steuergerät 15 dazu vorgesehen, die Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 zu steuern und/oder zu regeln. Zu diesem Zweck ist das Steuergerät 15 mit einem Mikroprozessor 18 versehen, der in einem Steurelement 19 ein Programm abgespeichert hat, das dazu geeignet ist, die genannte Steuerung und/oder Regelung durchzuführen. Das Steurelement 19 ist vorzugsweise als ein elektronisches Speichermedium, insbesondere als ein Flash-Memory, ausgebildet.

10

[0032] In einer ersten Betriebsart, einem sogenannten Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird die Drosselklappe 11 in Abhängigkeit von dem erwünschten Drehmoment teilweise geöffnet bzw. geschlossen. Der Kraftstoff wird von dem Einspritzventil 9 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Ansaugphase in den Brennraum 4 eingespritzt. Durch die gleichzeitig über die Drosselklappe 11 angesaugte Luft wird der eingespritzte Kraftstoff verwirbelt und damit in dem Brennraum 4 im Wesentlichen gleichmäßig verteilt. Danach wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch während der Verdichtungsphase verdichtet, um dann von der Zündkerze 10 entzündet zu werden. Durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs wird der Kolben 2 angetrieben. Das entstehende Drehmoment hängt im Homogenbetrieb u. a. von der Stellung der Drosselklappe 11 ab. Im Hinblick auf eine geringe Schadstoffentwicklung wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch möglichst auf Lambda = 1 eingestellt.

15

[0033] In einer zweiten Betriebsart, einem sogenannten Schichtbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird die Drosselklappe 11 weit geöffnet. Der Kraftstoff wird von dem Einspritzventil 9 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Verdichtungsphase in den Brennraum 4 eingespritzt, und zwar örtlich in die unmittelbare Umgebung der Zündkerze 10 sowie zeitlich in geeignetem Abstand vor dem Zündzeitpunkt. Dann wird mit Hilfe der Zündkerze 10 der Kraftstoff entzündet, so dass der Kolben 2 in der nunmehr folgenden Arbeitsphase durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs angetrieben wird. Das entstehende Drehmoment hängt im Schichtbetrieb weitgehend von der eingespritzten Kraftstoffmasse ab. Im Wesentlichen ist der Schichtbetrieb für den Leerlaufbetrieb und den Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine 1 vorgesehen. Im Schichtbetrieb ist Lambda üblicherweise > 1.

20

[0034] Während einer Einspeicherphase E (vgl. Fig. 2) des NOx-Speicherkatalysators 12' wird die Brennkraftmaschine 1 im Schichtbetrieb betrieben und der Speicherkatalysator 12' wird mit Stickoxiden und der 3-Wege-Katalysator 12" mit Sauerstoff beladen. In einer Regenerierphase R (vgl. Fig. 2) werden der Speicherkatalysator 12' und der 3-Wege-Katalysator 12" wieder entladen, so dass sie in einem nachfolgenden Schichtbetrieb erneut Stickoxide bzw. Sauerstoff aufnehmen können (Ausspeicherphase). Während der Regenerierphase R wird vor dem Katalysator 12 ein Reduktionsmittel in das Abgas gegeben. Als Reduktionsmittel können bspw. Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlenmonoxid (CO) oder Harnstoff verwendet werden. Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid werden im Abgas durch eine fette Gemischeinstellung (Betrieb der Brennkraftmaschine im Homogenbetrieb) erzeugt. Harnstoff kann aus einem Vorratsbehälter dem Abgas gesteuert zudosiert werden.

25

[0035] Während der Regenerierphase R des Katalysators 12 laufen folgende Prozesse ab: Das Reduktionsmittel reduziert die gespeicherten Stickoxide zu Stickstoff (N) und Sauerstoff (O). Diese Stoffe treten aus dem Katalysator 12 heraus, so dass sich hinter dem Katalysator 12 während der Regenerierphase R ein Sauerstoffüberschuss ergibt, obwohl die Brennkraftmaschine 1 mit einem fetten Kraftstoff-Luft-Gemisch (Sauerstoffmangel) betrieben wird.

30

[0036] Vor dem Katalysator 12 ist ein Sauerstoff (O2)-Sensor 13 und nach dem Katalysator 12 ein Stickstoff (NOx)-Sensor 14 in dem Abgasrohr 8 angeordnet. Nach dem Umschalten auf Sauerstoffmangel (Betrieb der Brennkraftmaschine 1 mit fettem Gemisch) vor dem Katalysator 12 zu Beginn der Regenerierphase R reagiert der O2-Sensor 13 praktisch verzögerungslos. Aufgrund des während des Schichtbetriebs (mageres Kraftstoff-Luft-Gemisch) vorherrschenden Sauerstoffüberschusses in dem Abgas sind die Sauerstoffspeicherplätze des Katalysators 12 zunächst nahezu alle besetzt. Nach dem Umschalten auf Sauerstoffmangel (fettes Kraftstoff-Luft-Gemisch) zu Beginn der Regenerierphase R werden die Sauerstoffspeicherplätze sukzessive von Sauerstoff befreit, der dann aus dem Katalysator 12 heraustritt. Hinter dem Katalysator 12 herrscht daher nach dem Umschalten in die Regenerierphase R zunächst weiter Sauerstoffüberschuss. Nach einer von der Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators 12 abhängigen Zeitspanne ist das gesamte in dem Speicherkatalysator 12' eingespeicherte Stickoxid (N) reduziert und der gesamte in dem Sauerstoffspeicher 12" eingespeicherte Sauerstoff (O) entfernt, so dass auch hinter dem Katalysator 12 Sauerstoffmangel auftritt. Durch eine Analyse des Abgases hinter dem NOx-Speicherkatalysator 12' durch geeignete Abgassensoren kann das Ende der Regenerierphase R dann eingeleitet werden, wenn der Großteil des Stickoxids (N) aus dem NOx-Speicherkatalysator 12' ausgespeichert worden ist.

40

[0037] Aufgrund von Alterung oder Vergiftung des NOx-Speicherkatalysators 12' kann sich der Zustand des Katalysators 12 verändern, insbesondere kann die Speicherfähigkeit des NOx-Speicherkatalysators 12' nachlassen. Der NOx-Speicherkatalysator 12' kann bspw. durch Schwefel im Kraftstoff vergiftet werden.

50

[0038] Um den Zustand des NOx-Speicherkatalysators 12' zuverlässig und genau und mit einem möglichst geringen Aufwand zu bestimmen, wird das in Fig. 3 dargestellte erfundungsgemäße Verfahren vorgeschlagen. Das Verfahren beginnt in einem Funktionsblock 30. Anschließend wird in einem Funktionsblock 31 ein Stickoxid (NOx)-Rohmassenstrom msnovk vor dem NOx-Speicherkatalysator 12' und ein NOx-Massenstrom msnonk hinter dem NOx-Speicherkatalysator 12' ermittelt.

55

[0039] Der NOx-Massenstrom msnonk hinter dem NOx-Speicherkatalysator 12' wird mittels des NOx-Sensors 14 gemessen. Der NOx-Sensor 14 misst die aktuelle NOx-Emission hinter dem Katalysator 12. Die NOx-Emission bezogen auf die Zeit ergibt den NOx-Massenstrom msnonk. Der NOx-Rohmassenstrom msnovk vor dem NOx-Speicherkatalysator 12' wird mittels des NOx-Sensors 13 gemessen. Der NOx-Sensor 13 misst die aktuelle NOx-Emission vor dem Katalysator 12. Die NOx-Emission bezogen auf die Zeit ergibt den NOx-Massenstrom msnovk.

60

65

DE 100 39 709 A 1

tor 12' wird modelliert. Er kann bspw. einem NOx-Einspeichermodell, einem NOx-Rohemissionsmodell, einer Kennlinie oder einem Kennfeld entnommen werden. Ein NOx-Einspeichermodell dient dazu, die in den NOx-Speicherkatalysator 12' während der Einspeicherphase E eingespeicherte NOx-Masse anhand möglichst weniger gemessener Betriebsgrößen zu modellieren. Wenn die modellierte eingespeicherte NOx-Masse einen bestimmten Grenzwert überschritten hat, wird die Regenerierphase R des NOx-Speicherkatalysators 12' eingeleitet.

[0040] Anschließend wird in einem Funktionsblock 32 das Integral des NOx-Rohmassenstroms msnovk und das Integral des NOx-Massenstrom msnonk jeweils über dieselbe vorgebbare Zeitdauer t_i gebildet. Die Zeitdauer t_i entspricht vorzugsweise der Dauer der Einspeicherphase E. Nach der Zeitdauer t_i entspricht die NOx-Rohemission vor dem Katalysator 12 dem Wert a (vgl. Fig. 2) und die NOx-Emission nach dem Katalysator 12 dem Wert b. In Fig. 2 ist zu erkennen, dass der Verlauf der NOx-Rohemission linear ist, der Verlauf der NOx-Emission dagegen nicht. Der nichtlineare Verlauf der NOx-Emission hat seine Ursache darin, dass der Wirkungsgrad eines NOx-Speicherkatalysators 12' mit zunehmender Dauer der Einspeicherphase E abnimmt.

[0041] Aus den integrierten Werten wird dann in einem Funktionsblock 33 anhand eines einfachen mathematischen Algorithmus ein Gütfaktor als Mass für den Zustand des NOx-Speicherkatalysators 12' bestimmt. Als Algorithmus kommt bspw. Addition, Subtraktion, Multiplikation oder Division der integrierten Werte in Frage. Insbesondere wird vorgeschlagen, den Gütfaktor nach einer oder mehreren der nachfolgenden Gleichungen zu berechnen:

$$\text{Gütfaktor} = \frac{\text{Int } \{ \text{msnovk} \}}{\text{Int } \{ \text{msnonk} \}},$$

$$\text{Gütfaktor} = \frac{\text{Int } \{ \text{msnonk} \}}{\text{Int } \{ \text{msnovk} \}},$$

$$\text{Gütfaktor} = 1 - \frac{\text{Int } \{ \text{msnovk} \}}{\text{Int } \{ \text{msnonk} \}},$$

$$\text{Gütfaktor} = 1 - \frac{\text{Int } \{ \text{msnonk} \}}{\text{Int } \{ \text{msnovk} \}},$$

$$\text{Gütfaktor} = \text{Int } \{ \text{msnovk} \} - \text{Int } \{ \text{msnovk} \} \text{ oder}$$

$$\text{Gütfaktor} = \text{Int } \{ \text{msnovk} \} - \text{Int } \{ \text{msnovk} \}.$$

[0042] In den obigen Gleichungen steht "Int" für die Bildung des Integrals des in den geschweiften Klammern enthaltenen Werts. In Funktionsblock 34 ist das erfundsgemäße Verfahren beendet.

[0043] Die Integration des NOx-Rohmassenstroms msnovk und des NOx-Massenstroms trägt der Tatsache Rechnung, dass der Wirkungsgrad eines NOx-Speicherkatalysators 12' mit zunehmender Dauer der Einspeicherphase E abnimmt. Mit dem erfundsgemäßen Verfahren kann der Zustand eines NOx-Speicherkatalysators 12' zuverlässig und genau bestimmt werden. Außerdem ist die Bestimmung des Zustands mit einem geringen Aufwand (eine gemessene Größe msnonk und eine modellierte Größe msnovk) möglich. Die beiden Werte für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator 12' liegen in dem Steuergerät 15 der Brennkraftmaschine 1 sowieso vor und müssen zur Ermittlung des Gütfaktors nur noch aufintegriert und dann nach einem mathematischen Algorithmus entsprechend verarbeitet werden. Zudem liegt für jede Einspeicherphase E ein neu berechneter Gütfaktor vor.

Patentansprüche

- 50 1. Verfahren zum Bestimmen des Zustands eines Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysators (12') einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei während einer Einspeicherphase (E), in der von der Brennkraftmaschine ausgestoßene Stickoxide (NOx) in den NOx-Speicherkatalysator (12') eingespeichert werden, ein Stickoxid (NOx)-Rohmassenstrom (msnovk) vor dem NOx-Speicherkatalysator (12') und ein NOx-Massenstrom (msnonk) hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') ermittelt wird und der Zustand des NOx-Speicherkatalysators (12') aus den beiden ermittelten Werten (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden ermittelten Werte (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') jeweils über eine vorgebbare Zeitdauer (t_i) aufintegriert werden und der Zustand des NOx-Speicherkatalysators (12') aus den aufintegrierten Werten (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') bestimmt wird.
- 55 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der NOx-Massenstrom (msnonk) hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') mittels eines NOx-Sensors (14) gemessen wird.
- 60 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der NOx-Rohmassenstrom (msnovk) vor dem NOx-Speicherkatalysator (12') modelliert wird.
- 65 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Integration der Werte (msnovk, msnonk) zu Beginn der Einspeicherphase (E) eingeleitet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer (t_i) so gewählt wird,

DE 100 39 709 A 1

dass die Integration der Werte (msnovk, msnonk) spätestens mit dem Ende der Einspeicherphase (E) beendet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Zustand des NOx-Speicherkatalysators (12') durch eine Division der aufintegrierten Werte (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und dem NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') bestimmt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Zustand des NOx-Speicherkatalysators (12') aus einer Differenz der aufintegrierten Werte (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') bestimmt wird.

8. Steuerelement, insbesondere Read-Only-Memory, Random-Access-Memory oder Flash-Memory, für ein Steuergerät (15) einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, auf dem ein Programm abgespeichert ist, das auf einem Rechengerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor (18), ablauffähig und zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 geeignet ist.

9. Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei die Brennkraftmaschine (1) ein Steuergerät (15), einen Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysator (12'), erste Mittel zum Ermitteln eines Stickoxid (NOx)-Rohmassenstroms (msnovk) vor dem NOx-Speicherkatalysator (12') während einer Einspeicherphase (E), in der von der Brennkraftmaschine ausgestoßene Stickoxide (NOx) in den NOx-Speicherkatalysator (12') eingespeichert werden, und zweite Mittel zum Ermitteln eines NOx-Massenstroms (msnonk) hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') während der Einspeicherphase (E) aufweist und wobei das Steuergerät (18) den Zustand des NOx-Speicherkatalysators (12') aus den beiden ermittelten Werten (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') bestimmt, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (15) die beiden ermittelten Werte (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') jeweils über eine vorgebbare Zeitdauer (t_i) aufintegriert und den Zustand des NOx-Speicherkatalysators (12') aus den aufintegrierten Werten (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') bestimmt.

10. Steuergerät (15) für eine Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei die Brennkraftmaschine (1) das Steuergerät (15), einen Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysator (12'), erste Mittel zum Ermitteln eines Stickoxid (NOx)-Rohmassenstroms (msnovk) vor dem NOx-Speicherkatalysator (12') während einer Einspeicherphase (E), in der von der Brennkraftmaschine ausgestoßene Stickoxide (NOx) in den NOx-Speicherkatalysator (12') eingespeichert werden, und zweite Mittel zum Ermitteln eines NOx-Massenstroms (msnonk) hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') während der Einspeicherphase (E) aufweist, wobei das Steuergerät (15) den Zustand des NOx-Speicherkatalysators (12') aus den beiden ermittelten Werten (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') bestimmt, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (15) die beiden ermittelten Werte (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') jeweils über eine vorgebbare Zeitdauer (t_i) aufintegriert und den Zustand des NOx-Speicherkatalysators (12') aus den aufintegrierten Werten (msnovk, msnonk) für den NOx-Rohmassenstrom vor und den NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') bestimmt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

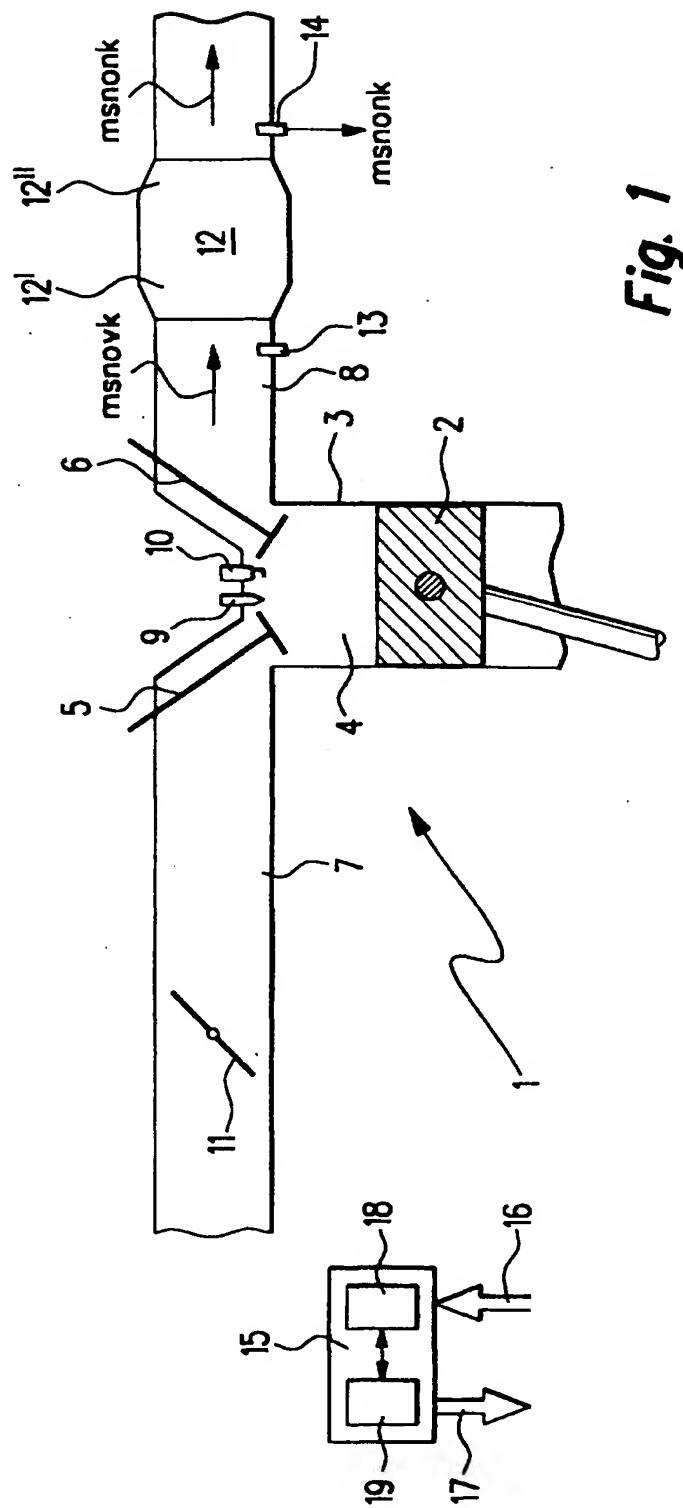


Fig. 1

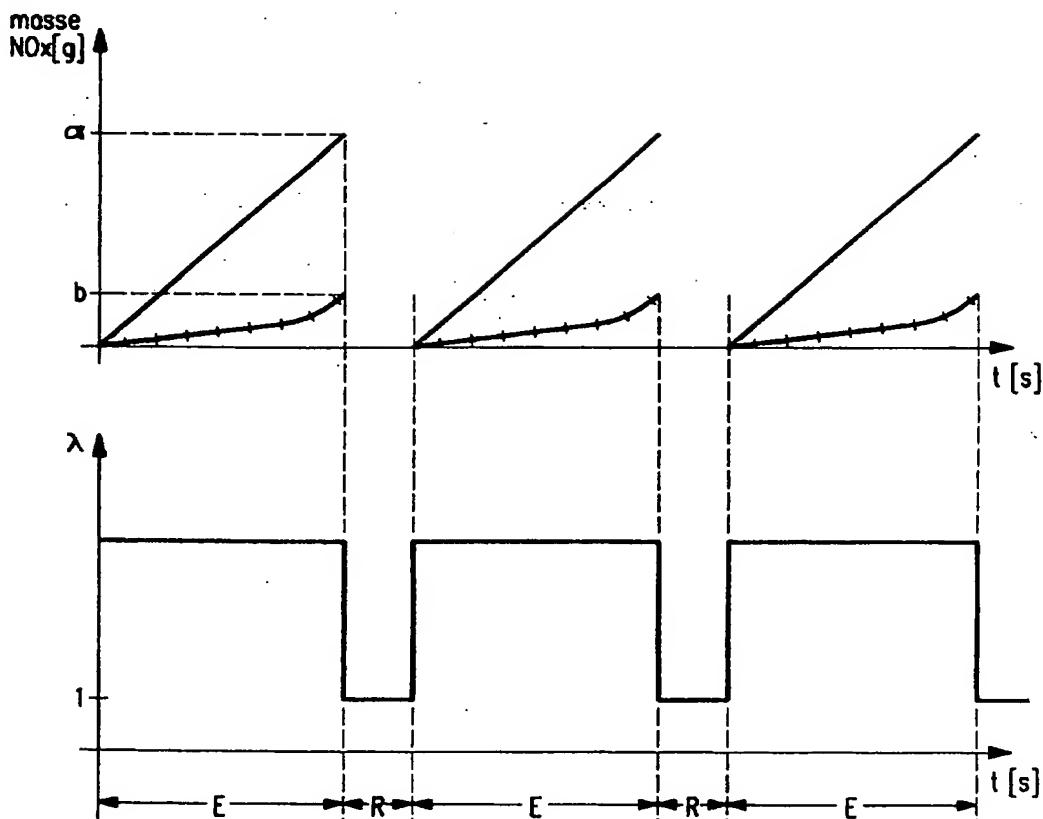


Fig. 2

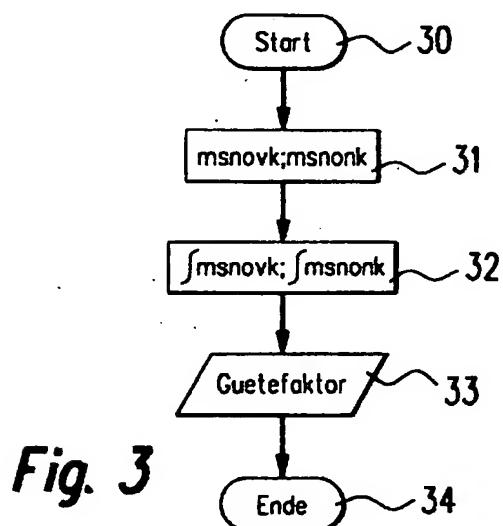


Fig. 3